19 Элементы современной физики

19.1 Специальная теория относительности

19.1.1^0 Неподвижный наблюдатель I, находившийся посередине между точками A и B, увидел, что в эти точки одновременно попали молнии (см. рисунок 1). Одновременны ли эти события для неподвижных наблюдателей II и III. Для каких еще неподвижных относительно A и B наблюдателей, кроме наблюдателя I, события в A и B будут одновременными?

19.1.2^0 В тот момент, когда середина поезда, движущегося равномерно и прямолинейно, проходит мимо наблюдателя II, стоящего посередине перрона (рис. 2), одновременно для этого наблюдателя на концах перрона зажигаются фонари A и B. Одновременны ли эти события для наблюдателя I, находящегося в середине движущегося поезда?

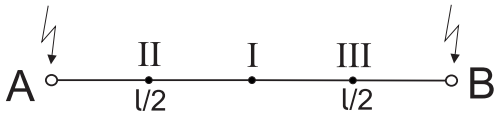

Рис. 1:

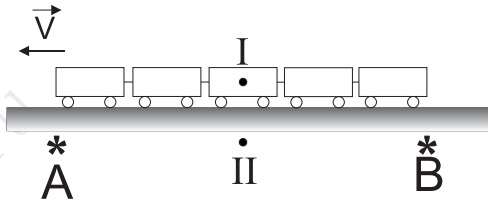

Рис. 2:

Physics.spb.ru

19.1.3^0 Можно ли утверждать, что события, одновременные в одной инерциальной системе отсчета, одновременны и во всех других инерциальных системах отсчета?

19.1.4 Собственная длина стержня 1 м. Определить его длину для наблюдателя, относительно которого стержень перемещается со скоростью $v = 0,6 \cdot c$, направленной вдоль стержня.

19.1.5 При какой скорости движения релятивистское сокращение длину движущегося тела составляет 1%? 25%?

19.1.6 Две ракеты движутся равномерно и прямолинейно параллельными курсами в одном направлении с одинаковой скоростью $v = 0,6 \cdot c$ относительно Земли. В первой ракете происходит два последовательных события через $\tau_0 = 8$ ч. Какое время прошло между этими событиями по часам наблюдателя, находящегося во второй ракете? По часам наблюдателя, находящегося на Земле?

19.1.7 Какое время пройдет на Земле, если в ракете движущейся со скоростью $v = 0,99 \cdot c$ относительно Земли, пройдет 10 лет?

19.1.8 Два тела движутся навстречу друг другу с одинаковыми скоростями $2,0 \cdot 10^5$ км/с относительно неподвижного наблюдателя. Насколько отличаются скорости их движения относительно друг друга, вычисленные по классической и релятивистский формулами сложения скоростей?

19.1.9 Самолет движется со скоростью v навстречу неподвижному источнику света. С какой скоростью u самолет сближается с фотонами?

19.1.10 Частица движется со скоростью $v = 3/4c$ для неподвижного наблюдателя. Во сколько раз масса этой частицы больше ее массы покоя?

19.1.11 С какой скоростью движется тело, масса которого для неподвижного наблюдателя равна 4 кг, если его масса покоя 2,4 кг?

19.1.12 Какой кинетической энергией обладает ранее покоившееся тело, если в результате разгона, его масса увеличилась на $2m_0$? Какова полная энергия тела? его импульс?

19.1.13 Масса движущегося электрона в 11 раз больше его массы покоя. Определить кинетическую энергию электрона и его импульс?

19.1.14 Какая энергия выделилась бы при полном превращении 1 г вещества в материю в виде поля?

19.2 Излучения и спектры.

Physics.spb.ru

19.2.1^0 Почему цвет некоторых материалов при дневном и электрическом освещении различен?

19.2.2^0 Для чего при спектральном анализе исследуемое вещество помещают в пламя горелки или вводят в электрическую дугу?

19.2.3^0 Что можно узнать о составе сплава по излучению яркости спектральных линий в его спектре?

19.2.4^0 Излучает ли электромагнитные волны стул, на котором вы сидите?

19.2.5 Во сколько раз излучение абсолютно черного тела при 100°C больше, чем при 0°C ?

19.2.6 Принимая температуру накала нити электрической лампы, равной 2000°C , определить длину волны, на которую приходится максимум энергии в спектре ее излучения? В какой части спектра лежит эта волна?

19.2.7 Зная, что в спектре Солнца максимум энергии приходится на длину волны 550 нм, определить температуру поверхности Солнца.

19.2.8 Определить длину волны, на которую приходится максимум энергии в спектре звезды с температурой на поверхности 30 000 K. Чему равна интенсивность изучения такой звезды?

19.3 Фотон. Давление света.

19.3.1 Каким импульсом обладает фотон излучения с частотой $5 \cdot 10^{14}$ Гц? Какова масса этого фотона?

19.3.2 Определить импульс фотона излучения с длиной волны 600 нм. Какова масса этого фотона?

19.3.3 Какую энергию должен иметь фотон, чтобы его масса была равна массе покоя электрона?

19.3.4 Найти энергию, массу и импульс фотона, если соответствующая ему длина волны равна $1,6$ πм.

19.3.5 Найти массу фотона, импульс которого равен импульсу молекулы водорода при температуре 20°C . Скорость молекулы считать равной средней квадратичной скорости.

19.3.6 Тренированный глаз, длительно находящийся в темноте, способен в особых случаях реагировать на световой потом, приносящий в зрачок глаза всего 50 фотонов в секунду. Найти минимальную мощность, воспринимаемую глазом. Длину волны фотона принять равной 500 нм.

19.3.7 Лазер мощностью 20 Вт испускает за 1 с 10^{20} фотонов. Определить длину волны излучения.

19.3.8 Рентгеновская трубка, работающая при напряжении 50 кВ и токе 2 мА, излучает $5\cdot 10^{13}$ фотонов секунду. Принимая среднюю длину волны излучения трубки равной 0,1 нм, определите КПД трубки. Объясните, на что расходуется остальная энергия, поглощаемая из электрической сети?

19.3.9 Считая Землю абсолютно черным телом, вычислить силу давления солнечного излучения на земной шар.

19.3.10 На каждый квадратный сантиметр абсолютно черной поверхности ежесекундно падает $2,8\cdot 10^{17}$ фотонов с длиной волны 400 нм. Какое давление создает это излучение?

19.3.11 Сколько фотонов с длиной волны 500 нм должно ежесекундно падать на каждый квадратный сантиметр черной поверхности, чтобы световое давление на эту поверхность было равно 1 Па.

19.3.12 Сколько фотонов видимого света с длиной волны 0,45 мкм попадает на сетчатку глаза за 2 с, если мощность поглощенного сетчаткой излучения на этой длине волны составляет $1,98\cdot 10^{-17}$ Вт.

19.3.13 Электрическая лампа мощностью 100 Вт ежесекундно испускает $1\cdot 10^{19}$ фотонов со средней длиной волны излучения 600 нм. Определите коэффициент полезного действия лампы.

19.4 Фотоэффект

19.4.1 Работа выхода электронов из золота равна 4,59 эВ. Найти красную границу фотоэффекта.

19.4.2 Работа выхода электронов из ртути 4,53 эВ. Возникнет ли фотоэффект, если на поверхность ртути будет падать видимый свет?

19.4.3 Определить максимальную кинетическую энергию электронов, вылетающих из калия при его освещении светом с длиной волны 345 нм.

19.4.4 На поверхность вольфрама падает излучение с длиной волны 220 нм. Определить максимальную энергию и максимальную скорость фотоэлектронов, если работа выхода из вольфрама равна 4,5 эВ.

19.4.5 Наибольшая длина волны света, при которой еще может наблюдаться фотоэффект на калии, равна 450 нм. Найти скорость электронов, выбитых из калия светом с длиной волны 300 нм.

19.4.6 Фотоны с энергией 4,9 эВ выбивают электроны из металла с работой выхода 4,5 эВ. Найти максимальный импульс, передаваемый поверхности металла при вылете каждого электрона.

19.4.7 При увеличении в два раза энергии фотонов, падающих на металлическую пластинку, максимальная энергия вылетающих фотоэлектронов увеличилась в три раза. Определить работу выхода электронов из этого металла, если первоначальная энергия фотонов 10 эВ.

19.4.8 Красная граница фотоэффекта для вольфрама равна 275 нм. Найти величину запирающего напряжения, если вольфрам освещается светом с длиной волны 175 нм.

19.4.9 Для полной задержки фотоэлектронов выбитых из некоторого металла излучением с длиной волны 210 нм, требуется напряжение 2,7 В. Чему равна работа выхода для этого вещества?

19.4.10 Фотокатод осветили лучами с длиной волны 345 нм. Запирающее напряжение при этом оказалось равным 1,33 В. Возникнет ли фотоэффект, если этот катод осветить лучами частотой $5 \cdot 10^{14}$Гц?

19.4.11 Работа выхода электронов из ртути равна 4,53 эВ. При какой частоте излучения запирающее напряжение окажется равным 3 В?

19.4.12 При облучении фотокатода, покрытого стронцием, излучением с длиной волны 550 нм, запирающее напряжение оказалось равным нулю. При освещении какими лучами с поверхности стронция будут вылетать электроны с максимальной кинетической энергией 1,6 эВ?

19.4.13 При освещении металлической пластинки монохроматическим светом, задерживающая разность потенциалов равна 1,6 В. Если увеличить частоту света в 2 раза, задерживающая разность потенциалов станет равна 5,1 В. Определить красную границу фотоэффекта.

19.4.14 В опыте Столетова цинковая пластинка, заряженная отрицательно, облучалась светом вольтовой дуги. До какого минимального потенциала зарядится цинковая пластинка, если она будет облучаться монохроматическим светом с длиной волны 324 нм? Работа выхода из цинка равна 3,74 эВ.

19.4.15 Найти постоянную Планка, если фотоэлектроны, вырываемые из металла светом частотой $1,2 \cdot 10^{15}$Гц, полностью задерживаются разностью потенциалов 3,1 В, а вырываемые светом с длиной волны 125 нм - разностью потенциалов 8,1 В.

19.4.16 Найти постоянную Планка, если фотоэлектроны, вырываемые из металла светом частотой $2,2 \cdot 10^{15}$ Гц, полностью задерживаются разностью потенциалов 6,6 В, а вырываемые светом с частотой $4,6 \cdot 10^{15}$ Гц - разностью потенциалов 16,5 В.

physics.spb.ru

19.4.17 Поток фотонов падает на металлическую пластину с работой выхода 2,6 эВ и выбивает из пластины фотоэлектроны, которые попадают в замедляющее однородное электрическое поле с модулем напряжённости 1 В/м. Какое время проходит от момента начала замедления фотоэлектронов до их полной остановки, если энергия падающего фотона 11,5 эВ? Считайте, что все фотоэлектроны при вылете из пластины имеют одинаковую скорость.

19.4.18 В опыте по изучению фотоэффекта катод освещается жёлтым светом, в результате чего в цепи возникает ток (см. рисунок 3). Зависимость показаний амперметра I от напряжения U между анодом и катодом приведена на рисунке 3. Используя законы фотоэффекта и предполагая, что отношение числа фотоэлектронов к числу поглощённых фотонов не зависит от частоты света, объясните, как изменится представленная зависимость $I(U)$, если освещать катод зелёным светом, оставив мощность поглощённого катодом света неизменной.

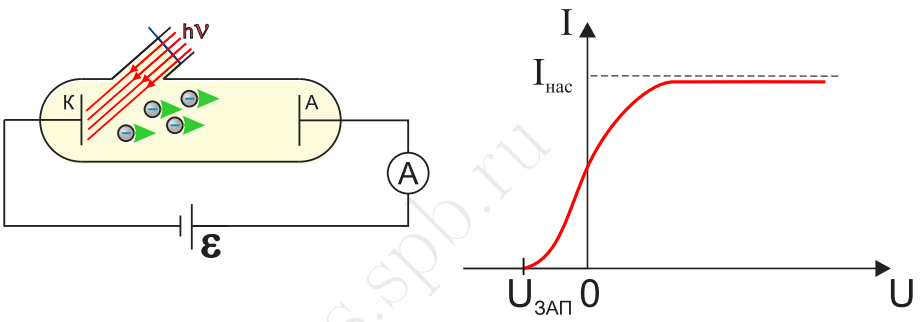

Рис. 3:

Physics.spb.ru

19.5 Модель атома Резерфорда и Бора

19.5.1^0 В чем заключалось противоречие между ядерной моделью атома Резерфорда и законами классической физики?

19.5.2^0 По какой величине Бор проводил квантование в атоме?

19.5.3^0 Может ли атом при переходе в возбужденное состояние поглотить произвольную порцию энергии?

19.5.4^0 Как по теории Бора объясняется совпадение спектров поглощения и испускания газов?

19.5.5^0 Зависит ли спектр испускания атомов от их ионизации?

19.5.6 Чему равна энергия электрона, находящегося на третьей орбите в атоме водорода?

19.5.7 Чему равен потенциал ионизации атома водорода, находящегося в нормальном состоянии?

19.5.8 В таблице приведены значения энергии стационарных состояний атома водорода:

n	1	2	3	4	5	6
E,эВ	-13,6	-3,4	-1,5	-0,85	-0,54	-0,38

При переходе из некоторого стационарного состояния в состояние с $n = 2$ атомы водорода излучают свет с длиной волны 656 нм. Какова энергия первоначального состояния атомов водорода?

19.5.9 Определите частоту света, испускаемого атомом водорода при переходе из четвертого стационарного состояния в первое?

19.5.10 При переходе атомов из некоторого состояния в основное излучение имело длину волны 121 нм. В каком состоянии находились атомы водорода первоначально?

19.5.11 В каких пределах должна лежать скорость бомбардирующих электронов, чтобы при возбуждении атомов водорода ударами этих электронов спектр водорода имел только одну спектральную линию?

19.5.12 Уровни энергии электрона в атоме водорода задаются формулой $E_n = -\dfrac{13,6}{n^2}$ эВ, где n = 1, 2, 3, ... При переходе атома из состояния E_2 в состояние E_1 атом испускает фотон. Попав на поверхность фотокатода, этот фотон выбивает фотоэлектрон. Частота света, соответствующая красной границе фотоэффекта для материала поверхности фотокатода, $\nu_{\text{кр}} = 6,4 \cdot 10^{14}$ Гц. Чему равен максимально возможный импульс фотоэлектрона?

19.5.13 На дифракционную решетку нормально падает пучок света от разрядной трубки, наполненной атомарным водородом. Постоянная решетки 5 мкм. Какому переходу электрона соответствует спектральная линия, наблюдаемая при помощи этой решетки в спектре пятого порядка под углом 41°?

19.5.14 Электрон, столкнувшись с атомом, отскочил приобретя некоторую дополнительную энергию. Кинетическая энергия электрона до столкновения равнялась $2,3 \cdot 10^{-19}$ Дж. Схема энергетических уровней атома приведена на рисунке 4. Атом перед столкновением находился в состоянии с энергией E_1. Определите импульс электрона после столкновения с атомом. Возможностью испускания света атомом при столкновении с электроном пренебречь, до столкновения атом считать неподвижным.

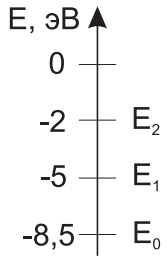

Рис. 4:

19.5.15 Свободный пион (π-мезон) с энергией покоя 135 МэВ движется со скоростью v, которая значительно меньше скорости света. В результате его распада образовались два γ-кванта, причём один из них распространяется в направлении движения пиона, а второй - в противоположном направлении. Энергия первого кванта на 10% больше, чем второго. Чему равна скорость пиона до распада?

19.6 Радиоактивность

19.6.1^0 Изменяется ли химическая природа элемента при испускании $\gamma-$лучей его ядрами?

19.6.2^0 Какие нейтроны называются тепловыми?

19.6.3^0 Чем характеризуется быстрота распада радиоактивного вещества?

19.6.4 Найти число протонов и нейтронов, входящих в состав $^{25}_{12}$Mg

19.6.5 Каким путем происходит превращение ядер $^{238}_{92}$U в ядра $^{239}_{94}$Pu?

19.6.6 Какой изотоп образуется из $^{8}_{3}$Li после одного $\beta-$распада и одного $\alpha-$распада?

19.6.7 Какой изотоп образуется из $^{239}_{92}$U после двух $\beta-$распадов и одного $\alpha-$распада?

19.6.8 Какой изотоп образуется из $^{238}_{92}$U после двух $\beta-$распадов и одного $\alpha-$распада?

19.6.9 Во что превращается изотоп тория $^{234}_{90}$Th, ядра которого претерпевают три последовательных $\alpha-$распада?

19.6.10 Какой изотоп образуется из $^{238}_{92}$U после трех $\alpha-$распадов и двух $\beta-$распадов?

19.6.11 Ядра изотопа $^{211}_{83}$Bi получилось из другого ядра после последовательных $\alpha-$ и $\beta-$распадов. Что это было за ядро?

19.6.12 Ядро полония $^{216}_{84}$Po образовалось после двух последовательных $\alpha-$распадов. Из какого ядра получилось ядро полония?

19.6.13 Какая доля радиоактивных ядер некоторого элемента распадается за врем, равное половине периода полураспада?

19.6.14 Сколько процентов радиоактивных ядер кобальта останется через месяц, если период его полураспада равен 71 дню?

19.6.15 Активность радиоактивного элемента уменьшилась в четыре раза за 8 дней. Найдите период полураспада.

19.6.16 Сколько атомов полония-210 распадется за две недели из 10^6 атомов, если период полураспада примерно 140 дней?

19.6.17 Сколько атомов радона распадется за сутки из 10^6 атомов, если период полураспада 3,8 суток?

19.6.18 Период полураспада изотопа натрия $^{22}_{11}$Na равен 2,6 года. Если изначально было 104 г этого изотопа, то сколько его будет через 5,2 года?

Physics.spb.ru

19.6.19 Среди радиоактивных загрязнений, вызванных аварией на Чернобыльской АЭС, наиболее опасными являются долгоживущие продукты деления, такие как стронций-90 и цезий-137. Вычислите, сколько времени должно пройти к моменту, когда активность этих загрязнений уменьшится в 10 раз? Периоды полураспада стронция-90 28 лет, цезия-137 30 лет.

19.6.20 В пробирке содержатся атомы радиоактивных изотопов ванадия и хрома. Период полураспада ядер ванадия 16,1 суток, период полураспада ядер хрома 27,8 суток. Через 80 суток число атомов ванадия и хрома сравнялось. Во сколько раз вначале число атомов ванадия превышало число атомов хрома?

19.6.21 Образец радиоактивного радия $^{224}_{88}$Ra находится в закрытом сосуде, из которого откачан воздух. Ядра радия испытывают альфа -распад с периодом полураспада 3,6 суток. Определите сколько молей гелия будет в сосуде через 10,8 суток, если образец в момент его помещения в сосуд имел в своем составе $4,8 \cdot 10^{23}$ атомов радия-224, а атомов гелия в сосуде не было.

19.6.22 В открытый контейнер объёмом 80 мл поместили изотоп полония-210 $^{210}_{84}$Po. Затем контейнер герметично закрыли. Изотоп полония радиоактивен и претерпевает альфа-распад с периодом полураспада примерно 140 дней, превращаясь в стабильный изотоп свинца. Через 5 недель давление внутри контейнера составило $1,3 \cdot 10^5$ Па. Какую массу полония первоначально поместили в контейнер? Температура внутри контейнера поддерживается постоянной и равной 45°C . Атмосферное давление равно 10^5 Па.

Physics.spb.ru

19.7 Энергия связи. Ядерные реакции.

19.7.1^0 Чему равна энергия связи ядра водорода?

19.7.2^0 Почему при $\alpha-$распаде одинаковых ядер энергии $\alpha-$частиц одинаковы, а при $\beta-$распаде одинаковых ядер энергии $\beta-$частиц различны?

19.7.3 Найти энергию связи следующих ядер: $^4_2$He; $^7_3$Li; $^{27}_{13}$Al; $^{63}_{29}$Ca; $^{113}_{48}$Cd; $^{238}_{92}$U

19.7.4 При бомбардировке алюминия $^{27}_{13}$Al $\alpha-$частицами образуется фосфор $^{30}_{15}$P. Записать эту реакцию и подсчитать выделенную энергию?

19.7.5 При обстреле ядер фтора $^{19}_9$F протонами образуется кислород $^{16}_8$O. Сколько энергии высвобождается при этой реакции и какие еще ядра образуются?

19.7.6 Какие ядерные реакции происходят при облучении $\alpha-$частицами ядер изотопа азота $^{14}_7$N? Ядер бериллия $^9_4$Be?

19.7.7 При бомбардировке изотопа азота $^{14}_7$N нейтронами получается изотоп углерода $^{16}_{12}$C, который оказывается $\beta-$радиоактивным. Напишите уравнение обеих реакций.

19.7.8 Написать недостающие обозначения в следующих ядерных реакциях:

$$
\begin{aligned}
{}^{27}_{13}\mathrm{Al} + {}^{1}_{0}\mathrm{n} &\rightarrow ? + {}^{4}_{2}\mathrm{He} \\
{}^{12}_{6}\mathrm{C} + {}^{1}_{1}\mathrm{H} &\rightarrow {}^{13}_{6}\mathrm{C} + ? \\
? + {}^{1}_{1}\mathrm{H} &\rightarrow {}^{22}_{11}\mathrm{Na} + {}^{4}_{2}\mathrm{He} \\
{}^{55}_{25}\mathrm{Mn} + ? &\rightarrow {}^{56}_{26}\mathrm{Fe} + {}^{1}_{0}\mathrm{n} \\
{}^{27}_{13}\mathrm{Al} + \gamma &\rightarrow {}^{26}_{12}\mathrm{Mg} + ?
\end{aligned}
$$

19.7.9 Какая бомбардирующая частица применялась в следующих реакциях:

$$
\begin{aligned}
{}^{14}_{7}\mathrm{N} + ? &\rightarrow {}^{17}_{8}\mathrm{O} + {}^{1}_{1}\mathrm{H} \\
{}^{14}_{7}\mathrm{N} + ? &\rightarrow {}^{15}_{8}\mathrm{O} + \gamma \\
{}^{14}_{7}\mathrm{N} + ? &\rightarrow {}^{11}_{5}\mathrm{B} + {}^{4}_{2}\mathrm{He}
\end{aligned}
$$

19.7.10 Найти энергию поглощенную или выделившуюся в следующих реакциях:

$$
\begin{aligned}
{}^{14}_{7}\mathrm{N} + {}^{4}_{2}\mathrm{He} &\rightarrow {}^{1}_{1}\mathrm{H} + {}^{17}_{8}\mathrm{O} \\
{}^{9}_{4}\mathrm{Be} + {}^{2}_{1}\mathrm{H} &\rightarrow {}^{10}_{5}\mathrm{B} + {}^{1}_{0}\mathrm{n} \\
{}^{7}_{3}\mathrm{Li} + {}^{2}_{1}\mathrm{H} &\rightarrow {}^{8}_{4}\mathrm{Be} + {}^{1}_{0}\mathrm{n} \\
{}^{7}_{3}\mathrm{Li} + {}^{1}_{1}\mathrm{H} &\rightarrow {}^{4}_{2}\mathrm{He} + {}^{4}_{2}\mathrm{He}
\end{aligned}
$$

19.7.11 Найти энергию, выделяющуюся в следующих реакциях:

$$
\begin{aligned}
{}^{6}_{3}\mathrm{Li} + {}^{2}_{1}\mathrm{H} &\rightarrow {}^{4}_{2}\mathrm{He} + {}^{4}_{2}\mathrm{He} \\
{}^{6}_{3}\mathrm{Li} + {}^{1}_{1}\mathrm{H} &\rightarrow {}^{3}_{2}\mathrm{He} + {}^{3}_{2}\mathrm{He} \\
{}^{2}_{1}\mathrm{H} + {}^{3}_{2}\mathrm{He} &\rightarrow {}^{1}_{1}\mathrm{H} + {}^{4}_{2}\mathrm{He}
\end{aligned}
$$

19.7.12 Найти энергию, выделяющуюся в следующих термоядерных реакциях:

$$
\begin{aligned}
{}^{2}_{1}\mathrm{H} + {}^{2}_{1}\mathrm{H} &\rightarrow {}^{1}_{1}\mathrm{H} + {}^{3}_{1}\mathrm{H} \\
{}^{2}_{1}\mathrm{H} + {}^{2}_{1}\mathrm{H} &\rightarrow {}^{3}_{2}\mathrm{He} + {}^{1}_{0}\mathrm{n}
\end{aligned}
$$

19.7.13 Найти наименьшую энергию γ-кванта, достаточную для осуществления реакции разложения дейтерия:

$$
{}^{2}_{1}\mathrm{H} + \mathrm{h}\nu \rightarrow {}^{1}_{1}\mathrm{H} + {}^{1}_{0}\mathrm{n}
$$

19.7.14 При делении одного ядра урана-235 на два осколка выделяется энергия 200 МэВ. Какая энергия освобождается при сжигании в ядерном реакторе 1 г этого изотопа? Сколько каменного угля надо сжечь, чтобы получить столько же энергии?

Physics.spb.ru